

## Spin-valve magnetoresistance sensor and thin film magnetic head

Patent Number: ☐ US6340533  
Publication date: 2002-01-22  
Inventor(s): UENO MASAKI (JP); HIKAMI FUMINORI (JP); NAGAI HIDEYASU (JP); SAWASAKI TATSUO (JP)  
Applicant(s): READ RITE CORP (US)  
Requested Patent: ☐ JP2000091667  
Application Number: US19990443953 19991119  
Priority Number(s): US19990443953 19991119; JP19980270473 19980909  
IPC Classification: B32B15/00; B32B15/04; G11B5/127; G11B5/39  
EC Classification: B32B15/04, C22C45/04  
Equivalents:

---

### Abstract

---

A synthetic-type spin-valve MR sensor having a pinned magnetic layer with a multi-layer film structure. In one embodiment, on a substrate are formed by layering a free magnetic layer, a pinned magnetic layer including first and second ferromagnetic films, which are mutually coupled antiferromagnetically and which enclose a nonmagnetic coupling film. A nonmagnetic conductive layer is enclosed between these two magnetic layers. An antiferromagnetic layer neighbors the pinned magnetic layer. The first ferromagnetic film neighboring the antiferromagnetic layer is formed from a high-resistivity Co-base material. By making the products of the saturation magnetization and the film thickness of the first ferromagnetic layer and the second ferromagnetic layer substantially equal, the apparent magnetic moment of the pinned magnetic layer as a whole is zero, and the magnetostatic action on the free magnetic layer is eliminated or reduced. Shunting of the sense current to the first ferromagnetic film is suppressed, and a high rate of magnetoresistive change is obtained

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-91667

(P2000-91667A)

(43) 公開日 平成12年3月31日 (2000.3.31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		G 1 1 B 5/39	5 E 0 4 9
H 0 1 F 10/32		H 0 1 F 10/08	A

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-270473

(22) 出願日 平成10年9月9日 (1998.9.9)

(71) 出願人 392034355

リードライト・エスエムアイ株式会社  
大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号

(72) 発明者 上野 昌紀

大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号  
リードライト・エスエムアイ株式会社内

(72) 発明者 永井 秀康

大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号  
リードライト・エスエムアイ株式会社内

(74) 代理人 100098062

弁理士 梅田 明彦

最終頁に続く

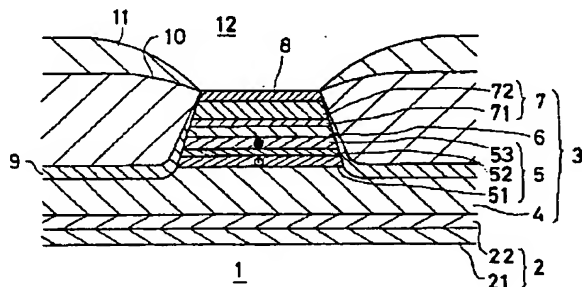
(54) 【発明の名称】 スピンバルブ磁気抵抗センサ及び薄膜磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 多重膜構造のピン磁性層を有するシンセティック型のスピンバルブMRセンサにおいて、高い磁気抵抗変化率とセンサ感度とを確保し、高記録密度化を達成する。

【解決手段】 基板上にフリー磁性層7と、磁性結合膜52を挟んで積層しかつ互いに反強磁性的に結合させた第1及び第2の強磁性膜51、53からなるピン磁性層5と、これら両磁性層間に挟まれた非磁性導電層6と、ピン磁性層に隣接する反強磁性層4とが積層され、かつ反強磁性層に隣接する第1の強磁性膜が高比抵抗のCo系材料で形成されている。第1の強磁性膜と第2の強磁性膜とにおいて、その飽和磁化と膜厚との積を実質的に等しくすると、ピン磁性層全体の磁気モーメントが見掛け上0になり、フリー磁性層への静磁的作用が解消又は低減される。

【効果】 第1強磁性膜へのセンス電流のシャントが抑制され、高い磁気抵抗変化率が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に積層した自由側磁性層と、固定側磁性層と、前記両磁性層間に挟まれた非磁性層と、前記固定側磁性層に隣接する反強磁性層とからなり、前記固定側磁性層が、非磁性結合膜を挟んで積層しかつ互いに反強磁性的に結合させた第1及び第2の強磁性膜からなり、前記反強磁性層に隣接する前記第1の強磁性膜が高比抵抗Co系材料で形成されていることを特徴とするスピナル磁気抵抗センサ。

【請求項2】 前記第1の強磁性膜がCoFeB、CoMnB又はCoFeCで形成されていることを特徴とする請求項1に記載のスピナル磁気抵抗センサ。

【請求項3】 前記第1の強磁性膜がCoZrTa、CoZrNb又はCoZrMoのアモルファス材料で形成されていることを特徴とする請求項1に記載のスピナル磁気抵抗センサ。

【請求項4】 前記第1の強磁性膜及び前記第2の強磁性膜の飽和磁化と膜厚との積が実質的に等しいことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載のスピナル磁気抵抗センサ。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれかに記載のスピナル磁気抵抗センサを備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板上に自由側磁性層／非磁性層／固定側磁性層を積層しかつ固定側磁性層を反強磁性層により磁化固定したスピナル磁気抵抗センサに関し、特に固定側磁性層が非磁性結合膜を挟んで複数の強磁性膜を積層した所謂シンセティック型のスピナル磁気抵抗センサ及びかかる磁気抵抗センサを備える薄膜磁気ヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、再生用磁気ヘッドにおいて磁界感度を高めるために、巨大磁気抵抗効果を示すスピナル膜構造の磁気抵抗(MR)センサが開発されている。一般にスピナルMR膜は、基板上に非磁性層を挟んで対向する2つの磁性層を積層したサンドイッチ構造からなる。固定側(ピン)磁性層は、その磁化が隣接する反強磁性層との交換結合磁界により信号磁界と平行に固定されるのに対し、自由側(フリー)磁性層の磁化は、一般に永久磁石の磁界を利用したハードバイアス法により単磁区化され、外部磁界により自由に回転する。

【0003】フリー磁性層の磁化が磁気記録媒体などからの外部磁場により回転すると、両磁性層間に生じた磁化方向の角度差によりMR膜の電気抵抗が変化することによって、記録媒体に記録された信号が検出される。スピナル膜は、ピン磁性層の磁化方向とフリー磁性層の磁化方向とが直交した状態で使用するのが、より広いダイナミックレンジで良好な線形応答性が得られること

から、理想的である。しかしながら、単一層のピン磁性層は磁気モーメントを有するので、その静磁的作用がフリー磁性層に影響して磁化方向が均一でなくなる場合がある。そのために、MRセンサの一部が信号磁界の存在下で早く飽和し、センサ出力の対称性が損なわれ、ダイナミックレンジが制限される虞があった。

【0004】そこで最近、例えば特開平7-169026号公報などに開示されるように、従来の単一層に代えて、Ruなどの非磁性結合膜を挟んで2つの強磁性膜を積層した多重膜構造のピン磁性層を用いたシンセティック型のスピナルMRセンサが提案されている。このピン磁性層は、2つの強磁性膜が互いに反平行に磁化配向されて反強磁性的に強く結合し、かつ両強磁性膜の磁気モーメントが互いに打ち消し合うことにより、フリー磁性層への静磁的作用による悪影響が解消され又は低減されるので、センサの感度を向上させ、磁気記録における高記録密度化を図ることができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述したシンセティック型のスピナルMRセンサは、電気抵抗の変化を生じさせるスピン依存の電子の散乱が、ピン磁性層の第2強磁性膜とフリー磁性層間における磁化方向の角度差によって起こる。従って、これ以外の不純物や膜欠陥などの要因による電気抵抗、即ち第2強磁性膜、フリー磁性層及び非磁性層の比抵抗は、より大きな磁気抵抗変化率を得るという観点から、小さい方が望ましい。このため、上記特開平7-169026号公報などに記載されるように、前記強磁性膜には、従来から一般にピン磁性層に使用されているNi-Fe合金に加えて、Co、Co-Fe合金などの強磁性材料が採用されている。

【0006】ところが、Co、Co-Fe合金は、比抵抗が $15\mu\Omega\text{cm}$ 程度であり、Ni-Feよりも低い。このため、反強磁性層に隣接する第1強磁性膜にもセンス電流が流れ易くなり、そのシャント作用の影響で磁気抵抗変化率が低下し、センサの感度を低下させるという問題がある。

【0007】そこで、本発明は、上述した従来技術の問題点を鑑みてなされたものであり、その目的は、多重膜構造のピン磁性層を有するシンセティック型のスピナルMRセンサにおいて、高い磁気抵抗変化率とセンサ感度とを確保すること、及びそれにより高記録密度化を達成できる高性能の薄膜磁気ヘッドを提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、上述した目的を達成するために、基板上に積層した自由側磁性層と、固定側磁性層と、これら両磁性層間に挟まれた非磁性層と、固定側磁性層に隣接する反強磁性層とからなり、固定側磁性層が、非磁性結合膜を挟んで積層しかつ互いに反強磁性的に結合させた第1及び第2の強磁性膜

からなり、反強磁性層に隣接する第1の強磁性膜が高比抵抗Co系材料で形成されていることを特徴とするスピバルブ磁気抵抗センサが提供される。

【0009】このように構成することにより、高い磁気抵抗変化率が得られると同時に、反強磁性層側の第1強磁性膜へのセンス電流のシャントが抑制されるので、磁気抵抗変化率の低下を防止することができる。

【0010】このような高比抵抗Co系材料として、CoFeB、CoMnB又はCoFeCなどの合金材料を用いて第1の強磁性膜を形成することができ、これらの材料は、そのBやCの添加量を調整することにより比抵抗を数10～数100 $\mu\Omega\text{cm}$ まで制御できるので好ましい。また、第1の強磁性膜を形成する高比抵抗Co系材料として、CoZrTa、CoZrNb又はCoZrMoは、ZrとTaなどの組成を適当に選択することによりアモルファス化し、これらのアモルファス材料は比抵抗が100 $\mu\Omega\text{cm}$ 程度と比較的大きいので、好都合である。

【0011】別の実施例によれば、前記固定側磁性層を構成する第1の強磁性膜と第2の強磁性膜とにおいて、その飽和磁化と膜厚との積を実質的に等しくすると、両強磁性膜の磁気モーメントが互いに打ち消し合って固定側磁性層全体の磁気モーメントを見掛け上0になり、自由側磁性層への静磁的作用を解消し又は低減できるので、好都合である。

【0012】また本発明の別の側面によれば、このような高感度なセンセティブ型のスピバルブ磁気抵抗センサを備えることにより、記録密度を高くできる薄膜磁気ヘッドが提供される。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は、本発明を適用したスピバルブMRセンサの好適な実施例を示している。このスピバルブMRセンサは、ガラスやシリコン、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ・TiCなどのセラミック材料からなる基板上にアルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )絶縁層1を設け、その上に下地層2が形成されている。本実施例の下地層2は、その上に積層するMR膜3の反強磁性層及びそれより上の各層の(111)配向性を高めるために、DCマグネトロンスパッタリングにより付着させた厚さ30Åのタンタル(Ta)膜21と厚さ50Åのニッケル-鉄-クロム(NiFeCr)膜22とからなる2層構造である。

【0014】MR膜3は、下磁層2の上に厚さ250Åの白金-マンガン(PtMn)膜からなる反強磁性層4、及びその上に積層した第1強磁性膜/非磁性結合膜/第2強磁性膜の3層構造からなるピン磁性層5を有する。本実施例では、第1強磁性膜51が厚さ20Åのコバルト-鉄-ホウ素(CoFeB)膜で、非磁性結合膜52が厚さ8.5Åのルテニウム(Ru)膜で、第2強磁性膜53が厚さ20Åのコバルト-鉄(CoFe)膜でそれぞれ形成されている。

【0015】ピン磁性層5の上には、厚さ22Åの銅(Cu)膜からなる非磁性導電層6が形成され、かつその上に厚さ10Åのコバルト-鉄(CoFe)膜71と厚さ40Åのニッケル-鉄(NiFe)膜72との2層構造からなるフリー磁性層7が積層されている。MR膜3の上には、厚さ30ÅのTa膜からなる保護層8が付着されている。これらの各膜層は、同様にDCマグネトロンスパッタリングにより成膜される。

【0016】MR膜3は、成膜後に例えば15キロガウスの真空磁場中で10時間、250℃の熱処理を行うことにより、PtMn反強磁性層4を規則化させ、かつCoFeB第1強磁性膜51に1方向性異方性を与えて、その磁化配向を固定する。第1及び第2強磁性膜51、53は、互いに反強磁性結合するように非磁性結合膜52の膜厚を適当に設定することにより、図示するように、磁気記録媒体からの信号磁界に対して平行にかつ互いに反平行に磁化配向される。

【0017】また、前記第1強磁性膜の膜厚(t)は、その飽和磁化(Ms)との積が前記第2強磁性膜の膜厚と飽和磁化との積に実質的に等しくなるように、別言すればその積の差が実質的に0になるように選択する。これにより、両強磁性膜の磁気モーメントが互いに打ち消し合い、ピン磁性層5全体の磁気モーメントを見掛け上0になるので、フリー磁性層7への静磁的作用を解消し又は低減できる。

【0018】実際には、センサ出力の対称性に悪影響を及ぼす主な要因として、ピン磁性層の静磁的作用の他に、センス電流による磁界、フリー磁性層とピン磁性層間の強磁性的相互作用が考えられる。このため、ピン磁性層5の見掛け上の磁気モーメントを0にしても、センサ出力の非対称性を完全になくすることができない場合がある。そこで、上述した他の要因による影響とのバランスを考慮して、前記両強磁性膜間の $M_s \times t$ 値の差を全く0にするのではなく、或る僅かな値の範囲内、例えば0.30 $\text{memu/cm}^2$ 以下に設定すると、センサ出力の非対称性をより良好に制御することができるので好ましい。

【0019】反強磁性層4に隣接する第1強磁性膜51には、上述したCoFeBに加えて、コバルト-マンガン-ホウ素(CoMnB)、コバルト-鉄-炭素(CoFeC)などのCo系強磁性材料を用いることができる。これらのCo系材料は、そのBやCの添加量を調整することにより比抵抗を数10～数100 $\mu\Omega\text{cm}$ の範囲で制御できる。従って、比抵抗の高い組成を選択することにより、第1強磁性膜へのセンス電流のシャントが抑制されるので、従来のCoFeなどを用いた場合に比して大きな磁気抵抗変化率が得られる。

【0020】また、第1強磁性膜51には、コバルト-ジルコニウム(CoZr)とTa、ニオブ(Nb)、モリブデン(Mo)などの添加物との合金を、Zr及び添

加物Nbなどの組成を適宜に選択してアモルファス化したCo系強磁性材料を用いることができる。このアモルファス材料も同様に100 $\mu\Omega\text{cm}$ 程度の比較的高い比抵抗を有し、上述した他のCo系材料と同様の作用効果が得られる。

【0021】非磁性結合膜52には、上記特開平7-169026号公報に記載されるようにRu以外に、Cr、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、及びRuを含むそれらの合金を用いることができる。また、前記反強磁性層には、上述したPtMn以外に、従来から知られているPdPtMn系、NiMn系、IrMn系、RhMn系、FeMn系、NiO系などの様々な反強磁性材料を用いることができる。

【0022】MR膜3の両側は、少なくともフリー磁性層7が所望のトラック幅となるように、かつ反強磁性層4の前記フリー磁性層より外側の両側部分が部分的にのみ削除されるように、エッチングで除去され、ハードバイアス下地層9及びハードバイアス層10が前記反強磁性層の両側部分の上に形成されている。ハードバイアス層10の上には、センス電流を流すための電極として1対の導電リード11が形成されている。更にこの積層構造全体をアルミナ絶縁層12で被覆して、本発明のスピナルバルブMRセンサを完成する。

【0023】図2は、本発明によるスピナルバルブMRセンサの別の実施例を示しており、図1の実施例とは逆に、フリー磁性層7を基板側にかつ反強磁性層4を基板とは反対側にして、各膜層が逆の順に積層されている。この実施例のMR膜3は、基板上にTa30Å/NiFe40Å/CoFe10Å/Cu22Å/CoFe20Å/Ru8.5Å/CoFeB20Å/PtMn250Å/Ta30Åの膜組成を有する。下地層2は、上述したように反強磁性層4が後から積層されるので、Ta膜のみで形成されている。

【0024】本実施例においても、図1の実施例と同様に、ピン磁性層5が第1強磁性膜/非磁性結合膜/第2強磁性膜の3層構造からなり、かつ反強磁性層4に隣接する第1強磁性膜51が高比抵抗のCo系強磁性材料で形成されていることにより、第1強磁性膜への電流のシャントが抑制されて、大きな磁気抵抗変化率が得られる。

【0025】また、本発明は、その技術的範囲内において上記実施例に様々な変形・変更を加えて実施すること

ができる。前記ピン磁性層は、反強磁性層に隣接する強磁性膜が高比抵抗のCo系材料で形成されている限り、複数の強磁性膜と非磁性結合膜とを交互に積層して上述した3層より多層の多重膜構造にすることができる。この場合には、見掛け上ピン磁性層全体の磁気モーメントが実質的に0となるように、各強磁性膜の膜厚及び材料(飽和磁化)を選択すれば良い。

【0026】

【発明の効果】本発明は、以上のように構成されているので、以下に記載されるような効果を奏する。本発明のスピナルバルブ磁気抵抗センサによれば、反強磁性層側の第1の強磁性膜を高比抵抗Co系材料で形成することにより、第1強磁性膜へのセンス電流のシャントが抑制され、磁気抵抗変化率の低下を防止できるので、高い磁気抵抗変化率と同時に高いセンサ感度が得られ、磁気記録における高記録密度化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

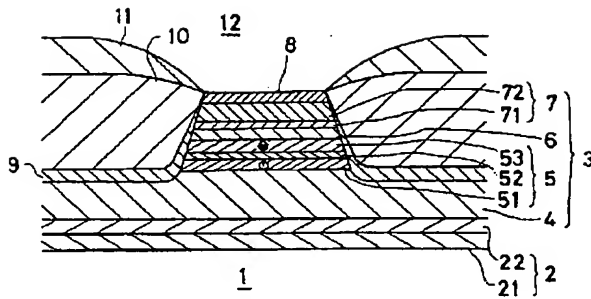
【図1】本発明によるスピナルバルブ磁気抵抗センサの好適実施例をABS側から見た断面図である。

【図2】本発明によるスピナルバルブ磁気抵抗センサの別の実施例を示す図1と同様の断面図である。

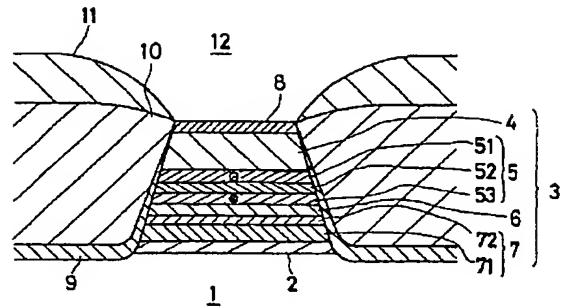
【符号の説明】

- 1 絶縁層
- 2 下地層
- 3 MR膜
- 4 反強磁性層
- 5 ピン磁性層
- 6 非磁性導電層
- 7 フリー磁性層
- 8 保護層
- 9 ハードバイアス下磁層
- 10 ハードバイアス層
- 11 導電リード
- 12 アルミナ絶縁層
- 21 タンタル膜
- 22 ニッケル-鉄-クロム膜
- 51 第1強磁性膜
- 52 非磁性結合膜
- 53 第2強磁性膜
- 71 コバルト-鉄膜
- 72 ニッケル-鉄膜

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 沢崎 立雄  
兵庫県尼崎市扶桑町1番8号 住友金属工  
業株式会社エレクトロニクス技術研究所内

(72)発明者 樋上 文範  
大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号  
リードライト・エスエムアイ株式会社内  
Fターム(参考) 5D034 BA03 BA18 BB01 CA04 CA06  
5E049 AA04 AA09 AC00 AC01 AC05  
BA12 BA16